

Miljøkonsekvensutredning av et uhellsutslipp av kondensat fra Kollsnes prosessanlegg



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Miljøkonsekvensutredning av et uhellsutslipp av kondensat fra Kollsnes prosessanlegg	Løpenr. (for bestilling) 5880-2009	Dato 2009.12.09
	Prosjektnr. Undernr. 28466 5	Sider Pris 32
Forfatter(e) Torgeir Bakke Lars Golmen	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA


Oppdragsgiver(e) Kollsnes prosessanlegg v/Ive H. Skaga	Oppdragsreferanse 4501838809
---	---------------------------------

Sammendrag
Miljøkonsekvensene av en større kondensatlekkasje på Kollsnes den 19.5.2009 er utredet. Utredningen er basert på Statoils akseptkriterier for ytre miljø. Ca 8 000 kg kondensat fordampet eller ble samlet opp og ca 4 000 kg væske med 52 % kondensat og 48 % MEG gikk i grunnen og videre til sjø. Ca 36 tonn brannskum gikk også gjennom grunnen til sjø. Det er ikke sannsynlig at fordampet kondensat har hatt noen virkninger på miljøet. Utredningen dekker 2 scenarier for utslipp til sjø: scenarie 1 der alle komponenter ble blandet inn i sjøvannet og scenarie 2 der bare MEG og brannskum ble blandet inn og kondensatet dannet flak på overflaten. I scenarie 1 var det risiko for miljøvirkninger ut til maksimalt 500 m fra utslippspunktet i Njupsundet, i scenarie 2 ut til maksimalt 300 m. Begge scenariene ble klassifisert til å være i konsekvenskategori K1, dvs de har hatt mindre miljøkonsekvenser.

Fire norske emneord 1. Kondensat 2. Brannskum 3. Uhellsutslipp 4. Miljøkonsekvensanalyse	Fire engelske emneord 1. Condensate 2. Fire foam 3. Accidental spill 4. Environmental impact assessment
--	---



Torgeir Bakke
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Miljøkonsekvensutredning av et uhellsutslipp av
kondensat fra Kollsnes prosessanlegg**

Forord

I tilknytning til oppdatering av risikoanalysen for uhellsutslipp fra gassanlegget på Kollsnes som Scandpower og NIVA sammen gjennomfører for Kollsnes prosessanlegg, er NIVA forespurt om å gjøre en selvstendig utredning av mulige miljøkonsekvenser av et uhellsutslipp av gasskondensat som skjedde på anlegget den 19.05.2009. Dette notatet omfatter denne utredningen. Spredningsberegninger som er lagt til grunn for konsekvensvurderingen er utført av Lars Golmen i forbindelse med risikoanalysen. Kartlegging av marine ressurser i nærområdet ved bruk av MRDB utført av Robert Ramos er også hentet fra risikovurderingen. Konsekvensutredningen er utformet av Torgeir Bakke som også har vært prosjektleder.

Oslo, 22.11.2009

Torgeir Bakke

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	8
2. Beskrivelse av hendelsen	10
3. Etterkantundersøkelser og analyser	11
4. Effektgrense for utslippsstoffer	14
4.1 Kondensat	14
4.2 Monoetylglykol MEG	14
4.3 Brannskum	14
5. Sårbare ressurser	16
6. Utslipp til luft	17
7. Utslipp til vann	18
7.1 Spredningsberegninger	18
7.1.1 Metodikk	18
7.1.2 Strømforhold og utslippsspredning	18
7.2 Konsekvensvurdering sjø	18
7.2.1 Scenarie 1: full blanding av utslippet med sjøvannet	20
7.2.2 Scenarie 2: separat spredning av hexan og MEG/brannskum i sjø	20
8. Konklusjoner	23
9. Litteratur	24
Vedlegg A. Analyseresultater grunnvannsbrønner	25
Vedlegg B. Utvalgte ressurskart Kollsnes	27

Sammendrag

Den 19.5.2009 oppstod en større kondensatlekkasje fra område A44 på Kollsnes. De tekniske og operasjonelle sikkerhetsbarrierene fungerte i henhold til design og plan og begrenset derved ulykkesrisikoen. Total mengde som lakk ut er estimert til 12 000 kg over ca 2 timer. Mesteparten av dette fordampet, men ca 4000 kg rant ned i grunnen under område A44 og etter hvert ut til sjø. Totalt 36 tonn med brannskum, type Artic Foam 602 ATC 3/6 % gikk med i en 3% blanding med vann for å forebygge antenning og eksplosjon og mesteparten av dette rant også ut i grunnen. SFT har bedt om at det gjennomføres uavhengige vurderinger av miljøkonsekvenser knyttet til utslippene til luft, sjø og grunnen. Akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil er lagt til grunn for konsekvensklassifiseringen.

Vannprøver fra kummer i området samme dag som lekkasjen viste ingen spor av hydrokarboner. Dette tyder også på at kondensatet som lakk ut fordampet raskt. Dette er lettere komponenter fra kondensatet som raskt tynnes ut i lufta og det er ikke sannsynlig at det som gikk til luft har hatt noen virkninger på miljøet. Numerisk simulering av sammensetningen av kondensatet indikerer at de 4 000 kg som gikk i grunnen stort sett besto av hexan (52 %) og monoetylglycol (MEG) (48%). I vurderingen er det brukt en noe konservativ giftighetsgrense (PNEC) på 10 mg/l for hexan og på 860 mg/l for MEG. For brannskummet er det brukt en PNEC på 500 mg/l.

Oversikt over sårbare/viktige naturressurser i området rundt Kollsnes er skaffet fra databasen MRDB i forbindelse med revisjon av risikovurderingen for uhellsutslipp fra Kollsnes. Den omfatter natur og friluftsliv, fiske, vegetasjon, sjøfugl og MOB-områder.

Skjønnsmessig regnes at tilførselen til sjøen har gått over en periode på 3 døgn, med størst fluks til å begynne med. Utredningen tar utgangspunkt i at 90 % gikk til sjø i løpet av ca 1 døgn. Hexan er lite blandbart og MEG og brannskum fullstendig blandbart med vann, men det er usikkert hvordan en blanding av stoffene har oppført seg. Vurderingen dekker derfor både full innblanding av alle stoffene (scenarie 1) og at kondensat fløt på overflaten, mens MEG og brannskum blandet seg inn i sjøvannet (scenarie 2).

Ut fra en antatt strømhastighet forbi utslippsområdet på 3 cm/sek var startkonsentrasjonene i sjøvannet før videre spredning og fortykning anslagsvis 730 mg/l for kondensat, 660 mg/l for MEG og 12 500 mg/l for brannskum. For MEG er denne konsentrasjonen for lav til å gi miljøeffekter. Oksygenforbruket ved nedbrytningen av MEG forventes heller ikke å ha gitt miljøvirkninger.

I scenarie 1 vil innblandingen med sjøvann som trengs for å oppnå PNEC være 73x for kondensat og 25x for brannskum. Dette regnes å ha skjedd innen en avstand av 500 m fra utslippspunktet, dvs nordover omtrent ved kaianlegget på Kollsnes og sørover til sørenden av Njupsundet. Innenfor dette området kan marine organismer over kortere tid (under et døgn) ha blitt utsatt for toksiske nivåer av hexan og brannskum. På basis av overlapping mellom dette influensområdet og forekomst av marin naturressurser rundt Kollsnes er scenarie 1 gitt konsekvenskategori K1, dvs mindre konsekvenser.

Scenarie 2 er likt scenarie 1 for MEG og brannskum, dvs at det ikke forventes å ha vært noen miljøvirkning av MEG og at PNEC for brannskum ble nådd etter ca 25x innblanding. Filmen av hexan på overflaten har etter hvert sprukket opp i mindre flak og det antas også at mye av hexanen fordampet. Det er følgelig anslått at det sannsynligvis ikke var synlig hexan igjen på overflaten og heller ikke fare for effekter fra hexan eller brannskum utenfor 300 m avstand mot nord og sør. På dette grunnlag er også dette scenariet gitt konsekvenskategori K1: mindre konsekvenser.

Summary

Title: Environmental impact assessment of an accidental spill of condensate from the Kollsnes natural gas processing plant.

Year: 2009

Author: Torgeir Bakke and Lars Golmen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5615-4

A larger leakage of condensate from area A44 at Kollsnes occurred on 19.05.2009. The technical and operational safety barriers performed according to design and plan and limited the risk of an accident. Total amount of condensate that leaked out was 12 000 kg during 2 hours. Most of this evaporated but approximately 4000 kg flowed into the backfill material under area A44 and from there further on to the sea. A total amount of 36 tons of fire foam, type Artic Foam 602 ATC 3/6 % in a 3% mixture with water was used to prevent ignition and explosion. Most of this also flowed into the backfill beneath A44. The Pollution Authorities SFT has requested independent environmental impact assessments (EIA) to be made for air, sea and ground on land. The EIA is based on the Statoil acceptance criteria for the outer environment.

Water samples from drainage tanks taken the same day showed no traces of hydrocarbons, indicating a significant evaporation of the condensate. This would involve light components that were easily dispersed in the air, and are expected not to have caused any environmental impact.

Numerical simulation of the composition of the condensate indicated that the 4 000 kg that leaked into the ground consisted roughly of 52 % hexane and 48 % monoethyleneglycol (MEG). For the EIA a rather conservative PNEC of 10 mg/l has been used for hexane and 860 mg/l for MEG. For fire foam the corresponding PNEC has been set to 500 mg/l.

An assessment of the vulnerable/valuable natural resources in the area that was made in the revision of the risk assessment for accidental spills at Kollsnes by use of the MRDB database, has also been used in the present EIA. It covers nature and leisure life, fishing, aquaculture, vegetation, sea birds, and MOB areas for oil spills.

It is assumed that the effluent transport from the ground to the sea occurred over about 3 days and that 90 % of the effluent entered the sea during the first 24 hours. Hexane is not readily soluble in water and MEG and fire foam are completely soluble, but it is uncertain how a mixture of the compounds will behave. The EIA therefore covers a Scenario 1 with complete dispersal of the mixture in the water masses and a Scenario 2 where hexane stays at the surface and MEG and fire foam are mixed with seawater.

From an expected sea current velocity of 3 cm/sec the initial concentrations in the sea before further dispersal is estimated to have been about 730 mg/l for condensate, 660 mg/l for MEG and 12 500 mg/l for fire foam. This concentration is below the toxicity threshold for MEG. Furthermore an expected degradation of MEG is not considered to be rapid enough to cause oxygen deficiency.

In scenario 1 the required mixing with seawater to obtain PNEC would be 73x for condensate and 25x for fire foam. Dispersion modelling indicates that this occurred within a distance of about 500 m. To the north this was when the water reached the Kollsnes port area and to the south as the water left Njupsundet. Inside this zone the marine organism may have been exposed to toxic levels of hexane and fire foam for a short period. On basis of the degree of overlap between this zone and the

occurrence of natural resources Scenario 1 has been classified as being in consequence category K1 (minor consequences).

For MEG and fire foam Scenario 2 equalled Scenario 1, i.e. no expected environmental impact from the MEG and the 25x mixing with seawater necessary to reach PNEC for fire foam achieved within 300 m. In Scenario 2 hexane was transported as a surface film which was gradually fragmented. Some of the hexane probably evaporated. It is concluded that no visible hexane was present and no environmental impact would have occurred outside of 300 m to the north and south. On this basis Scenario 2 was also classified as being in consequence category K1 (minor consequences) as well.

1. Innledning

Kollsnes prosessanlegg er et senter for behandling av gass fra forskjellige felt i Nordsjøen. I prosessanlegget blir gassen rensert, tørket og komprimert før den sendes som tørrgass gjennom to eksportrør til Europa. I tillegg distribueres noe gass videre for bruk i Bergensområdet. Kondensat (våtgass) føres i rør til Mongstad sammen med kondensat fra Stureterminalen for viderebehandling. Kollsnes prosessanlegg står for ca. 40 % av de totale norske gassleveranser.

Den 19.5.2009 oppstod en større kondensatlekkasje fra område A44 på Kollsnes (Figur 1). Total mengde som lakk ut er estimert til 12 000 kg. Mye av kondensatet fordampet, men ca 4000 kg rant ned i grunnen under område A44 og det regnes at mesteparten av dette etter hvert lakk ut til sjø. I forbindelse med hendelsen har Statens Forurensingstilsyn SFT bedt om at det gjennomføres uavhengige vurderinger av miljøkonsekvenser knyttet til utslippene til luft, sjø og grunnen. Dette dokumentet presenterer en slik vurdering. Den er begrenset til konsekvenser for ytre miljø med fokus på sjømiljøet. Konsekvenser for arbeidsmiljø eller human helse generelt er ikke vurdert.



Figur 1. Flyfoto av Kollsnes med område A44 hvor uhellet skjedde innringet. Pil angir forventet utslippspunkt til sjø fra grunnen.

Prinsippet for konsekvensutredningen er å estimere størrelse på influensområder der det ha forekommet nivåer av utslippsstoffene som overskrider grenseverdier for effekter på organismer, i dette tilfelle begrenset til de marine organismene. Estimaten baserer seg på modellert spredning av utslippet i miljøet samt fortykning gjennom gradvis innblanding med lokalt sjøvann. Graden av overlapping mellom influensområdet og forekomst av sårbare eller på annen måte verdifulle naturressurser bestemmer hvor store konsekvenser hendelsen kan ha hatt. Klassifisering av konsekvens (ubetydelig – meget alvorlige) gjøres etter samme prinsipp som i den pågående oppdateringen av risikovurderingen av uhellsutslipp fra Kollsnes.

Akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil /1/ er lagt til grunn for konsekvensklassifiseringen. I følge disse aksepterer ikke Statoil at en miljøskade inntreffer, men har også etablert kriterier for når risikoen for en miljøskade er akseptabel. Tabell 1 viser systemet.

Tabell 1 Beskrivelse av miljøskadekategorier i følge /1/.

Miljøskadekategori	Beskrivelse av miljøskadekategori *
Mindre miljøskade	<ul style="list-style-type: none"> - restitusjonstid mellom 1 måned og 1 år - få fisker, fugler eller sjøpattedyr blir berørt - effekt på mindre enn 1 km kystlinje
Moderat miljøskade	<ul style="list-style-type: none"> - restitusjonstid mindre enn 2 år - effekt mellom 1 og 5 km kystlinje - noe effekt på fisker, fugler eller sjøpattedyr
Betydelig miljøskade	<ul style="list-style-type: none"> - restitusjonstid mellom 2 og 5 år - effekt mellom 5 og 10 km kystlinje - effekt på dyreliv som vil true artsmangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet - effekt på områder av vitenskapelig interesse
Alvorlig miljøskade	<ul style="list-style-type: none"> - restitusjonstid mellom 5 og 10 år - effekt mellom 50 og 100 km kystlinje - effekt på dyreliv som reduserer mangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet - betydelig effekt på områder med spesiell verneverdi (naturområder, friluftsområder...)
Svært alvorlig miljøskade	<ul style="list-style-type: none"> - restitusjonstid over 10 år - effekt på mer enn 100 km kystlinje - effekt på dyreliv som reduserer mangfoldet av fisker, fugler eller sjøpattedyr i influensområdet betydelig - svært alvorlig effekt på områder med spesiell verneverdi

*) Strekpunktene indikerer alternative beskrivelser

2. Beskrivelse av hendelsen

Den 19.05.2009 skjedde en stor kondensatlekkasje fra oppstrøms flens til ventil 29-4156 PT i område A44 på Kollsnes. Lekkasjen ble umiddelbart meldt til kontrollrom av uteoperatør og samtidig gikk flere gassdetektorer i alarm. De tekniske og operasjonelle sikkerhetsbarrierene som begrenser lekkasjemengde, hindrer antennelse og sikrer evakuering og ivaretagelse av personell fungerte i henhold til design og plan og begrenset derved ulykkesrisikoen. Lekkasjen varte i anslagsvis 2 timer. Initiell lekkasjerate er estimert til 22 kg kondensat pr. sekund og total mengde til 12 000 kg.

I følge granskningsrapporten for uhellet fordampet omtrent 2/3 av kondensatet, mens anslagsvis 4000 kg rant ned i pukken under område A44. Det ble foretatt undersøkelser både i dreneringskummer på land og visuelt i sjø, uten å finne spor etter utslipp av hydrokarboner.

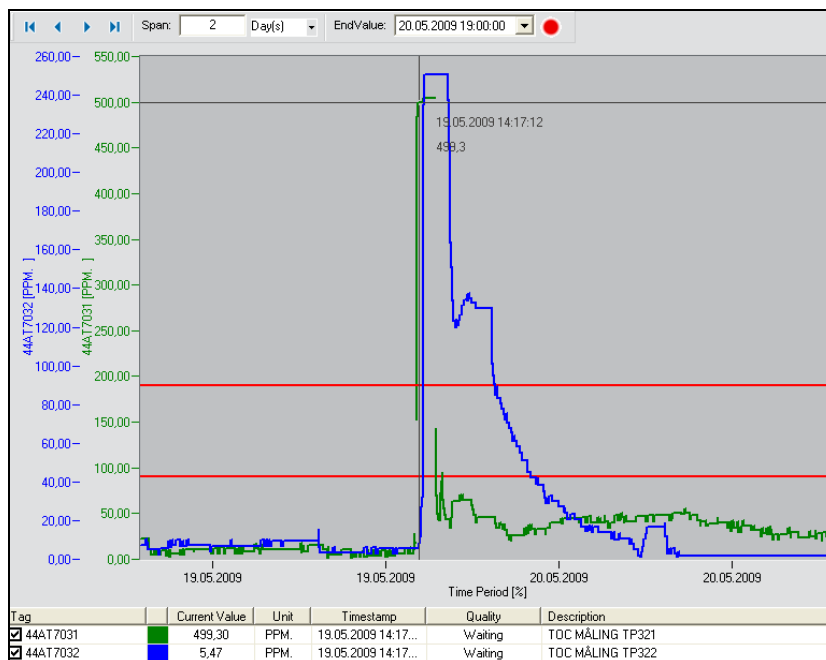
Brannvann ble utløst for å forebygge antenning og eksplosjon. Skum utløses automatisk med brannvannet. Totalt 36,4 m³ med brannskum, type Artic Foam 602 ATC 3/6 % gikk med. Det brukes en 3 % skumblanding i brannvannsystemet, noe som skulle tilsi at det totalt gikk med ca 1 210 m³ brannvann. Noe av brannvannet havnet på betongdekket og gikk videre i åpent avløpssystem til oppholds-bassengene, mens mesteparten gikk i grunnen. Ca. 1700 tonn vann kontaminert med brannskum ble samlet opp fra Kollsnes dren- og renseanlegg etter hendelsen og hentet med båt for videre behandling og rensing. Det er anslått at mesteparten av de 36,4 m³ med brannskum som ble brukt gikk i grunnen. Konsekvensvurderingen har tatt utgangspunkt i at dette etter hvert havnet i sjøen.

3. Etterkantundersøkelser og analyser

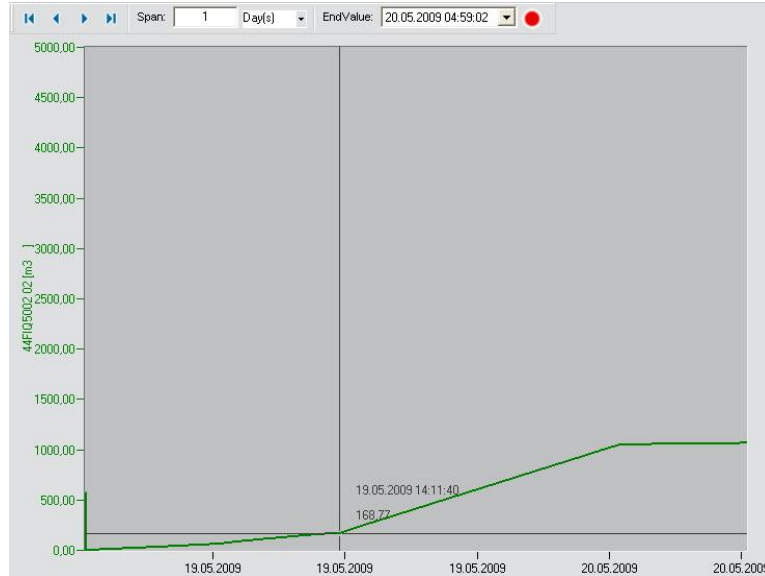
Innholdet av totalt organisk materiale, TOC, i avløpsvann analyseres online på flere steder i Kollsnes dren- og renseanlegg. Figur 2 viser online analyseresultater av TOC i perioden rundt hendelsen. Omtrent kl 14:17 ble det detektert høye TOC-nivåer både fra åpent avløpssystem (44-AT70321) og i utslipp til sjø (44-AT7032). Fra ca kl 15:30 var 44-AT7031 nede på et lavt TOC-nivå (<50 mg/l), da var også 44-AT7032 raskt synkende. Figur 3 viser målte vannmengder til sjø i perioden. Fra ca kl 14:10 steg de akkumulerte verdiene fram til ca kl 24:00, før det ble avstengt for utslipp til sjø. Totale vannmengder til sjø for dette døgnet var 1064 m³.

I slutten av juni ble det samlet inn prøver fra grunnvannsbrønnene på anlegget. Prøver ble tatt fra 7 brønner. Rapporten er ikke ferdigstilt, men analyseresultatene fra WestLab er gitt som Vedlegg A.

Det er etter det vi vet ikke gjennomført etterkantundersøkelse i sjømiljøet etter uhellet.



Figur 2. Utskrift fra automatisk analysator for TOC i renseanlegget. Blå graf og skala: åpent avløpssystem (44-AT70321). Grønn graf og skala: utslipp til sjø (44-AT7032). NB de to grafene har ulik skala.



Figur 3. Utskrift av automatisk måling av vannmengder til sjø (m3) fra renseanlegget.

Tabell 2 viser sammensetningen av en samleprøve av utslippsvann til sjø dagen etter (20.05.2009) kl 0500. Ingen analyseresultater var over utslippsgrensene gitt av SFT.

Tabell 2. sammensetningen av utslippsvann til sjø på samleprøve den 20.05.2009 kl 05.

System: 44 Vannrenseanlegg		Sample Number: Vann-7979
		Analysedato: 20.05.2009
		Proven tatt: 20.05.2009
		Klokken: 05:00
Målepunkt:	44-TP322 Renset vann samlekanal	
+ pH	8,20	
+ Fenol	<0,10 mg/l	
+ Oljeindeks	<0,2 mg/l	
+ Metanol, MeOH	<1 mg/l	
+ Totalt organisk karbon, TOC	52,0 mg/l	
+ TOC online	49 mg/l	
+ Vannmengde	1064 m3/døgn	
+ Ammonium, NH4+	0,09 mg/l	
+ Totalt nitrogen, TN	1,30 mg/l	
Kommentar:	Døgnprøve fra 19/5-09 til 20/5-09, kl 05:00. Høy TOC. Glykol ikke rapportert.	

Den 19.05.2009 på kvelden ble det hentet vannprøver fra kummer i området. Ingen av disse hadde påvisbare spor av hydrokarboner, men inneholdt noe TOC (30 – 70 mg/l). Dette tyder på at det meste av kondensatet som lakk ut fordampet raskt. Det er også gjort en numerisk simulering av sammensetningen av kondensatet og av de fraksjonene som gikk til luft og grunn (Tabell 3). Denne indikerer også at en betydelig del av hydrokarbonene fordampet og videre at det kondensatet som gikk i grunnen, ca 4000 kg, stort sett har bestått av hexan (52 %) og monoetylglycol (MEG) (48%).

Tabell 3. Numerisk simulering av prosentvis sammensetning av kondensatet som lakk ut samt av de fraksjonene man antar gikk til luft og grunn.

Tabell 1	Tabell 2	Tabell 3
Innløpskomposisjon	Kondensat til bakke	Total mengde gass til luft

COMPONENTS	MOLE FRAC- TION	Wt %	COMPONENTS	MOLE FRAC- TION	Wt %	COMPONENTS	MOLE FRAC- TION	Wt %
H2O	0,069	2,18	H2O	0,002	0,05	H2O	0,089	3,12
EGlycol	0,151	16,57	EGlycol	0,564	48,31	EGlycol	0,023	2,72
Nitrogen	0,001	0,06	Nitrogen	0,000	0,00	Nitrogen	0,002	0,09
CO2	0,004	0,29	CO2	0,000	0,00	CO2	0,005	0,42
Methane	0,236	6,70	Methane	0,000	0,00	Methane	0,310	9,63
Ethane	0,044	2,35	Ethane	0,000	0,00	Ethane	0,058	3,37
Propane	0,021	1,63	Propane	0,000	0,00	Propane	0,027	2,34
i-Butane	0,023	2,41	i-Butane	0,000	0,00	i-Butane	0,031	3,47
n-Butane	0,009	0,94	n-Butane	0,000	0,00	n-Butane	0,012	1,34
22-Mpropane	0,000	0,00	22-Mpropane	0,000	0,00	22-Mpropane	0,000	0,00
i-Pentane	0,013	1,66	i-Pentane	0,000	0,00	i-Pentane	0,017	2,38
n-Pentane	0,008	1,05	n-Pentane	0,000	0,00	n-Pentane	0,011	1,51
C6_n*	0,421	64,15	C6_n*	0,434	51,65	C6_n*	0,416	69,61
Total	1,000	100,00	Total	1,000	100,00	Total	1,000	100,00

Som tidligere nevnt rant også mesteparten av brannskummet sammen med brannvannet ut i grunnen, og vil etter hvert ha havnet i sjøen. Mengden brannskum anvendt (ca 36 tonn) inneholder 2 % dvs ca 720 kg organisk fluor (som Forafac 1157). De 1700 tonn vann fra oppholdsbasen som ble fraktet bort for behandling inneholdt, i følge analyser gjort av NILU, 2,46 mg/l Forafac 1157, dvs totalt ca 4 kg. Vi kan derfor gå ut fra at mesteparten av de fluorerte forbindelsene havnet i sjøen.

Ut fra beregningene ovenfor har utredningen derfor lagt til grunn at følgende mengder har havnet i grunnen og gått videre til sjø: 2,1 tonn kondensat (vesentlig hexan), 1,9 tonn MEG og ca 36 tonn brannskum.

4. Effektgrense for utslippsstoffer

Ut fra det foregående har vi gått ut fra at de stoffene som har gått til sjø fra uhellsutslippet først og fremst var kondensat, MEG og brannskum.

4.1 Kondensat

Vi har ikke funnet forslag til kronisk PNEC for kondensat. Normalt regner man at akutte giftvirkninger av olje først vil inntreffe ved konsentrasjoner over 1 mg/l, mens kronisk belastning til 0,05 mg/l i noen tilfeller kan føre til subletale effekter /2/. I miljøsammenheng regner man videre at det i hovedsak er aromatfraksjonen av en olje som forårsaker giftvirkning /3/, mens typisk kondensat består av omtrent 100 % små, alifatiske hydrokarboner vesentlig fra C4 (butan) til C8 (oktan). Dette tyder på at giftigheten av kondensat overfor marine organismer er lav. Det er heller ikke rapportert skade på marine organismer ved gassutblåsninger /4/. Tabell 3 indikerer at den fraksjonen som lakk til grunnen i hovedsak besto av C6 (hexan). I følge /4/ er hexan ikke eller i liten grad betraktet som akutt toksisk overfor akvatiske organismer (testet på bunndyr, dyreplankton og fisk). Akutt giftighet har normalt forekommet ved konsentrasjoner på 100 mg/l eller høyere. Ut fra dette har vi brukt en noe konservativ forventet giftighetsgrense (PNEC – Predicted No Effects Concentration) på 10 mg/l i konsekvensvurderingen. Til sammenlikning er det i den reviderte risikovurderingen for Kollsnes brukt en PNEC for helt kondensat på 0,5 mg/l.

4.2 Monoetylglykol MEG

Monoetylglykol (MEG) er i følge /6/ en fargeløs væske som løses lett i vann, men som er lite fettløselig. Den lave fettløseligheten gjør at stoffet i svært liten grad bioakkumuleres og MEG antas heller ikke å adsorbere til partikler eller sedimentere. NIVA /7/ har gjennomført tester på biologisk nedbrytning i sjøvann. MEG ble hurtig og fullstendig nedbrutt etter at tilstrekkelige bakteriepopulasjoner var utviklet. Ved 5 grader tok det 28 døgn å bygge opp bakteriepopulasjonen med en etterfølgende halveringstid for MEG på 6 dager. Tilsvarende tall ved 15 grader var 6 og 2,5 døgn. MEG har relativt lav toksisitet. For de mest følsomme organismene brukt i toksisitetstester, zooplankton-krepsdyret *Daphnia*, er det målt immobilisering ved 24 timers eksponering til 8590 mg/l. Ved bruk av sikkerhetsfaktorer har vi derfor satt en kronisk PNEC på 860 mg/l. Dette er noe strengere enn 2000 mg/l som er brukt tidligere /8/.

I tillegg til eventuell giftighet vil nedbrytningen av MEG forbruke oksygen, og følgelig gi en risiko for redusert nivå av løst oksygen i sjøvannet. Siden det tar tid før en tilstrekkelig bakteriepopulasjon bygges opp for denne nedbrytningen (se ovenfor) vil MEG ha blitt spredt og fortynnet svært mye før nedbrytningen tok til. Spredningen foregikk også i de øvre vannlag som høyst sannsynlig hadde full oksygenmetning. Dette tilsier at oksygenforbruket neppe har vært målbart, og denne type virkning vurderes ikke nærmere.

4.3 Brannskum

Brannskummet som ble anvendt er av type ”ARCTIC Foam 602 ATC 3% - 6%”. Brannskummet er en fargeløs til lys gul væske med behagelig lukt. Væsken er løselig i vann, lett nedbrytbart og bioakkumulerer ikke. Konsentratet har en pH på 7 – 8,5, men produktet brukes normalt i en 3 % skumblanding.

I følge HMS-datablad består brannskummet av:

- < 20 % 2-(2-butoksyetoksy)-etanol (CAS-nr 112-34-5)

- < 25 % 1,2-etandiol (etylene glycol) (CAS-nr 107-21-1)
- < 5 % alkylsulfat-salter (CAS-nr 142-31-4)
- < 2 % etanol (CAS-nr 64-17-5)
- < 2 % Poly(1,1,2,2-tetrafluor-1,2-etandiy)l,alfa-fluor-omega-2-(3-((carboxyatometyl)-dimetylammonio)propylaminosulfonyl)ethyl (CAS-nr 161278-39-3), som er et fluorholdig overflateaktivt stoff med handelsnavn Forafac® (oppgitt som Forafac 1157 i NILUs analyse av vann fra oppholds bassengen for dren- og renseanlegget etter uhellsutslippet).

I følge StatoilHydro (pers.medd. Ive H Skaga) har Arctic Foam 602 3/6 % gjennomgått full OSPAR HOCNF-testing og inneholder:

Vann: 58,2%

Grønne komponenter: 17%

Gule komponenter: 22%

Røde: 1%

Svarte: 1,8%

Arctic Foam 602 3/6 % er oppgitt å ha lav akutt toksisitet overfor akvatiske organismer. Laveste EC50 er 450 mg/l overfor mikroalger og ca 4500 mg/l overfor dyr. For noen av enkeltstoffene har det vært mulig å etablere PNEC på basis av toksisitetstester (se tabell nedenfor). Dette indikerer også lav giftighet.

Stoff	CAS-nr	PNEC
2-(2-butoxyetoxy)etanol	112-34-5	5.3 mg/l
1,2-etandiol (etylene glykol)	107-21-1	1 mg/l
Etanol	64-17-5	0.7 mg/l

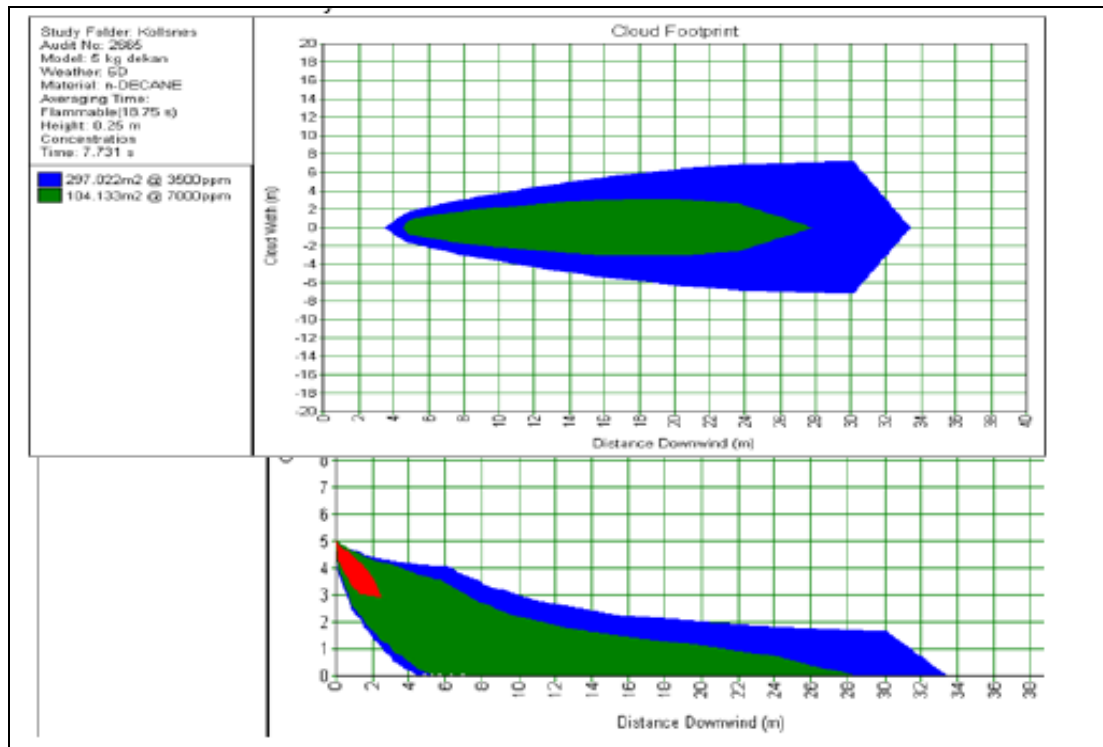
Produktet gis likevel risikosegning R52/53 i HMS-databladet (*skadelig for vannlevende organismer, kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet*), men med de mengder det er snakk om og de miljøforhold som er rundt Kollsnes ansees dette for å være for konservativt. Vi har ikke funnet toksisitetsdata for den fluorbaserte bestanddelen Forafac®, men innholdet i brannskummet er lavt. Samlet har vi funnet det tilstrekkelig konservativt å bruke en akvatisk kronisk PNEC på 5 mg/l for hele produktet og en akutt PNEC på 500 mg/l.

5. Sårbare ressurser

For å kartlegge og innhente informasjon om sårbare ressurser i området rundt Kollsnes i konsekvensanalysen har oppdatert informasjon fra Marin Ressurs DataBase (MRDB) blitt benyttet. I tillegg er det innhentet informasjon fra Øygarden kommune om eventuelle nye verneverdige eller viktige ressurser identifisert de siste 2 årene. Kartleggingen er gjort i forbindelse med den reviderte risikovurderingen. Ressurskartene derfra for natur og friluftsliv, fiske, vegetasjon, sjøfugl og MOB-områder er gitt i Vedlegg B.

6. Utslipp til luft

Spredning av gass er simulert ved hjelp av PHAST /9/. Resultatet er vist i Figur 4 og gjelder første fase av lekkasjen med kondensat utslipp. Resultatene viser brennbar konsentrasjon i en avstand ut til 28 m fra lekkasjen, med mulighet for antenning opp til 35 m på grunn av variasjoner. Det ble under hendelsen også observert gass som steg oppover. Dette er lettere komponenter fra kondensatet som raskt tyndes ut. Det er ikke sannsynlig at gassutslippet har hatt noen virkninger på miljøet.



Figur 4. Simulering av initiell gasspredning ved bruk av PHAST.

7. Utslipp til vann

7.1 Spredningsberegninger

7.1.1 Metodikk

Konsentrasjoner av kondensat (hexan), MEG og brannskum i ulik avstand fra utslippspunkt til sjø utenfor område A44 er estimert på bakgrunn av simulert spredning og fortykning av en generisk utslippsstråle som er gjort i revisjonen av risikovurderingen for uhellsutslipp fra Kollsnes ved bruk av modellen CORMIX-GI. Det henvises til nærmere metodebeskrivelse i risikovurderingen. Det er tatt utgangspunkt i at utslippet kommer fra et begrenset område i strandsona mot Njupsundet. Antakelsen er rimelig siden utslippet har beveget seg gjennom løsmassene i grunnen som har begrenset front mot sjøen. Dette utslippspunktet er også med i risikovurderingen.

7.1.2 Strømforhold og utslippsspredning

Det er så langt vi vet, ikke gjort strømmålinger nært inntil land. Målinger fra ca 1990 i Kvaliosen viste normalt lavere hastighet enn 5 cm/s, og NIVA brukte en konservativ verdi på 1 cm/s ved tidligere beregninger der. Det er rimelig å anta at hovedstrømretning er nordover gjennom Njupsundet. Dette er også antatt i tidligere spredningsvurderinger /10/. Vi har brukt en verdi på 3 cm/s for Njupsundet, som antakelig er nærmere en typisk middelverdi litt nede i sjøen, og fortsatt noe konservativt regnet.

Selve lekkasjen foregikk over en periode på anslagsvis 2 timer. Ut fra TOC-mønsteret i Figur 2 har vi lagt til grunn at transporten av utslippet til grunnen har gått over en periode på maksimum ca 1 døgn. Transporten gjennom grunnen vil etter all sannsynlighet føre til at tilførselen til sjø har gått over en lengre periode enn dette, men det er vanskelig å kvantifisere fluksen gjennom løsmassene pålitelig siden den er avhengig både av massenes egenskaper (finhetsgrad), grunnvannsforhold og nedbørsinfiltrasjon, og grad av inntrengende tidevann. Siden kondensat er lite vannløselig kan det også tenkes at det til en viss grad adsorberes til løsmassene noe som vil forsinke transporten til sjø enda mer. Vi har skjønnsmessig gått ut fra at tilførselen til sjøen har gått over en periode på 3 døgn, men at 90 % av stoffene havnet i sjøen i løpet av det første døgnet. Gjennomsnittlig fluks av utslippsstoffene det første døgnet ut fra dette er vist i Tabell 4.

Tabell 4. Estimert gjennomsnittlig fluks til sjø av utslippsstoffene det første døgnet.

Stoff	Total utslippsmengde (kg)	Fluks første døgn (kg/t)
Kondensat (hexan)	2 100	78,8
MEG	1 900	71,3
Brannskum	36 000	1 350

Kondensat er alene svært lite blandbart med vann, mens MEG og brannskum regnes fullstendig blandbare med vann. Hvordan stoffene har oppført seg i en blanding med brannvann, grunnvann og tidevann før de havnet i sjøen er mer usikkert. Hvis MEG fungerer som et dispergeringsmiddel kan vi regne at hele utslippet ble blandet inn i vannmassene. Hvis ikke kan kondensatet ha spredt seg på overflaten og MEG og brannskum i vannet. Vi har vurdert begge scenariene.

7.2 Konsekvensvurdering sjø

Konsekvensklassifiseringen er gjennomført på samme måten som i den reviderte risikovurderingen. Det er benyttet en semikvantitativ modell for å klassifisere konsekvensene (Tabell 5). Konsekvensene av hvert scenario beskrives gjennom 8 parametre som hver klassifiseres i fem alvorlighetsklasser (1-5)

i tillegg til en klasse 0 (ingen konsekvens). Hver parameter er vektet ut fra relativ betydning for hele konsekvensbildet. De ulike konsekvensparametrene gjenspeiler ulike sider ved en utslippshendelse som er viktig for en samlet vurdering av konsekvensen. De valgt på basis av miljøskadekategoriene i Tabell 1. Systemet legger vekt på skade på naturressursene, men inkluderer også friluftsområder og næringsvirksomhet og områder som er verneverdige og/eller har vitenskapelig betydning. Antall, verdi og betydning av ressursene er satt som egne konsekvensparametre. Tallverdien som fremkommer i klassifiseringen (0 – 5) brukes i Tabell 6 for å til definere den konsekvenskategorien som scenariet faller inn i.

Tabell 5: Matrise for klassifisering av miljøkonsekvenser.

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Gruppe	Miljøressurser				Skadeomfang			
Konsekvens-klasse	Naturressurser 1)	Friluftsområdene næringsvirksomhet	Verdien av berørte naturområder (verneverdi, vitenskapelig interesse o.l.)	Betydning av friluftsområder	Størrelse på område med påvirket økosystem (målt som km kystlinje)	Effekter på fisk, fugl og sjøpattedyr	Effekter på områder med verneverdi/-vitenskapelig interesse o.l.	Total restitusjonstid (anslått tid fra utslipp til miljøet er restituert. 3)
0	Ingen	Ingen	Ingen angitt	Ingen angitt	< 0,1 km	-	Ingen	Ikke registrerbar
1	1-2	1-5	Lokal	Lokal	0,1-1 km	Få berørt	-	< 1 måned
2	2-5	5-10	Regional	Regional	1-5 km	Noe effekter	Noe	< 1 år
3	5-10	10-15	Fylkesnivå	Fylkesnivå	5-30 km	Truer arts mangfold	-	1-3 år
4	10-15	15-20	Nasjonal	Sikret (nasjonal)	30-100 km	Noe redusert arts mangfold	Betydelige	3-10 år
5	> 15	< 20	Internasjonal	-	> 100 km	Betydelig redusert arts mangfold	Svært alvorlige	> 10 år
Vektingsfaktor	10%	5%	10%	10%	15%	15%	10%	25%

Tabell 6: Definisjon av konsekvenskategorier for de ulike scenariene ut fra et vektet middel beregnet på basis av Tabell 5.

Konsekvenskategorier	Beregnet vektet verdi for konsekvens
Mindre konsekvenser (K1)	0 - 1
Moderate konsekvenser (K2)	1 - 2
Betydelige konsekvenser (K3)	2 - 3
Alvorlige konsekvenser (K4)	3 - 4
Svært alvorlige konsekvenser (K5)	4 - 5

7.2.1 Scenarie 1: full blanding av utslippet med sjøvannet

Om vi forutsetter at tilførselen til sjø skjedde over en løsmassefront som går ned til ca 1 m dyp og ut i et vannvolum som strekker seg ca 1 m ut fra stranden og strømmer forbi med hastighet 3 cm/sek, blir beregnet utslippskonsentrasjon av de tre stoffene i denne vannmassen før videre spredning og fortykning som vist i Tabell 7. Dette betyr at den videre innblanding med vann som kreves for at konsentrasjonen har kommet under PNEC vil være 73x for hexan og 25x for brannskum, mens MEG allerede før innblanding lå under PNEC på 860 mg/l.

Tabell 7. Estimert fluks fra grunn til sjø (g/sek), konsentrasjon i sjø før videre fortykning (mg/l), grense for biologiske effekter PNEC (mg/l), samt nødvendig innblanding med resipientvann for å få konsentrasjonen under PNEC i scenarie 1 (full innblanding av utslippet med resipientvann).

Stoff	Fluks fra grunn g/sek	Startkonsentrasjon mg/l	Akutt PNEC mg/l	Fortynning for PEC/PNEC<1
Kondensat	22	730	10	73
MEG	20	660	860	<1
Brannskum	375	12500	500	25

Spredningsmodelleringen av stoffer som blandes inn i sjøvannet (MEG) gjennomført i den reviderte risikoanalysen for Kollsnes omfatter ikke utslipp mot Njupsundet, bare mot sør. Vi antar likevel at den modellerte blandingen med sjøvann i rimelig grad også gjelder for et utslipp mot vest. Under denne forutsetningen ble en innblanding på 73x oppnådd innen ca 500 m fra utslippet. Ved vanntransport nordover vil dette være omtrent når vannet nådde kaianlegget på Kollsnes. Her kan vi regne med at bredden på vannmassen med konsentrasjon over PNEC ($PEC/PNEC > 1$) var ca 130 m og maksimal tykkelse grovt anslått til <10 m. I sørlig retning kan vi regne at nødvendig innblanding ble oppnådd før vannet forlot Njupsundet. Innenfor dette området kan marine organismer ha blitt utsatt for toksiske nivåer av hexan, innenfor en avstand på ca 300 m også for toksiske effekter av brannskum. Eksponeringen har likevel antakelig vært for kort til at de har gitt skade av betydning. Det er heller ikke rapporter om synlig miljøskade. Vi regner derfor med at gjenveksttiden ikke er registrerbar.

Grad av overlappning mellom dette influensområdet og forekomst av marin naturressurser rundt Kollsnes (Vedlegg B) er brukt i konsekvensklassifiseringen vist i Tabell 8. Tabellen viser at scenariet gis konsekvenskategori K1, dvs mindre konsekvenser.

7.2.2 Scenarie 2: separat spredning av hexan og MEG/brannskum i sjø

I dette scenariet antas at hexanen etter utlekking fra grunnen dannet flak på overflaten, mens MEG og brannskum ble løst i vannet. For MEG og brannskum vil ikke dette være forskjellig fra Scenarie 1, dvs at MEG allerede rett etter utslipp til sjø hadde en konsentrasjon som var lavere enn PNEC, mens det var behov for en 25x innblanding med sjøvann for å få brannskummet under PNEC. Dette ble oppnådd innen en avstand av ca 300 m. NIVAs spredningsberegning i den reviderte risikovurderingen viser at hexan på overflaten vil spre seg i det vesentlig mot nord og sør, kanskje noe raskere mot nord. Den laterale spredningen vil være relativt lav. Man kan regne med at hexanen allerede ved utslipp dannet en tynn film på overflaten som etter hvert har sprukket opp i mindre flekker. Den gjennomsnittlige fortykningen av denne filmen er beregnet til ca 5x i 300 m avstand, og rundt 50x i ca 1000 m avstand. I sentrum kan en regne at fortykningen er ca halvparten av dette. Det er rimelig å anta at filmen utenfor utslippet raskt fikk en tykkelse på < 1 mm og derved en gjennomsnittlig tykkelse på < 0.2 mm innen 300 m. I tillegg må man anta betydelig fordampning av hexan fra overflaten. I praksis betyr det

at det innen 300 m avstand sannsynligvis ikke var synlig hexan igjen på overflaten og heller ikke fare for effekter.

Det er derfor rimelig å definere et influensområde som strekker seg ca 300 m mot nord og sør og anslagsvis 60 m til siden og er begrenset til de øvre ca 10 m. Innen dette området må man regne med at det kan ha vært synlig kondensatfilm på sjøoverflaten i rundt 1 døgn, og at organismer i strandsonen innenfor området kan ha blitt eksponert. Vi regner at skadevirkningene har vært små og neppe registrerbare siden påslaget av hexan må ha vært lite og kortvarig. På dette grunnlag blir konsekvensklassifiseringen av dette scenariet også 0,7 (

Tabell 9) som gir konsekvenskategori K1: mindre konsekvenser.

Tabell 8. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenarie 1.

Egenskap nr	Parameter	Konsekvens	Konsekvens-klasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser (antall)	1	1	10	0,1
2	Friluftsområder/-næringsvirksomhet (antall)	0	0	5	0
3	Verdien av berørte naturområder (verneverdi/-vitenskapelig interesse o.l.)	Regional	2	10	0,2
4	Betydning av friluftsområder	Lokal	0	10	0
5	Størrelse på område med påvirket økosystem (målt som km kystlinje)	Ca 3 km	2	15	0,3
6	Effekter på fisk, fugl og sjøpattedyr	Ingen-få berørt	0	15	0
7	Effekter på områder med verneverdi, vitenskapelig interesse o.l.	Ingen	1	10	0,1
8	Total restitusjonstid (anslått tid fra utslipp til miljøet er restituert)	Ikke registrerbar	0	25	0
				Sum	0,7
	Konsekvenskategori				K1

Tabell 9. Resultat av konsekvensklassifisering av Scenarie 2.

Egenskap nr	Parameter	Konsekvens	Konsekvensklasse	Vekt %	Konsekvensklasse vektet
1	Naturressurser (antall)	1	1	10	0,1
2	Friluftsområder/-næringsvirksomhet (antall)	0	0	5	0
3	Verdien av berørte naturområder (verneverdi/-vitenskapelig interesse o.l.)	Regional	2	10	0,2
4	Betydning av friluftsområder	Lokal	0	10	0
5	Størrelse på område med påvirket økosystem (målt som km kystlinje)	Ca 2 km	2	15	0,3
6	Effekter på fisk, fugl og sjøpattedyr	Ingen-få berørt	0	15	0
7	Effekter på områder med verneverdi, vitenskapelig interesse o.l.	Ingen	1	10	0,1
8	Total restitusjonstid (anslått tid fra utslipp til miljøet er restituert)	Ikke registrerbar	0	25	0
				Sum	0,7
	Konsekvenskategori				K2

8. Konklusjoner

Ved lekkasje av 12 000 kg kondensat fra område A44 på Kollsnes den 19.5.2009 regnes at ca 4000 kg av utslippet rant ned i grunnen og etter hvert ut til sjø i Njupsundet. Vannprøver fra kummer i området samme dag viste ingen spor av hydrokarboner. Dette tyder på at kondensatet som lakk ut fordampet raskt. Dette er lettere komponenter fra kondensatet som raskt tynnes ut i lufta og det er ikke sannsynlig at det som gikk til luft har hatt noen virkninger på miljøet. Numerisk simulering av sammensetningen av kondensatet indikerer også at en betydelig del av hydrokarbonene fordampet og videre at de 4000 kg som gikk i grunnen stort sett besto av hexan (52 %) og monoetylenglycol (MEG) (48%).

Under utslippet ble det brukt ca 36 tonn brannskum, hvorav mesteparten regnes å ha havnet i grunnen sammen med brannvannet og etter hvert også blitt transportert til sjø i Njupsundet.

Skjønsmessig regnes at tilførselen til sjøen har gått over en periode på 3 døgn, med størst fluks til å begynne med. Dersom 90 % gikk til sjø i løpet av det første døgnet blir fluks til sjø ca 22 g/sek for kondensat, 20 g/sek for MEG og 375 g/sek for brannskum. Kondensat er lite blandbart og MEG og brannskum fullstendig blandbart med vann, men det er usikkert hvordan en blanding av de tre har oppført seg. Vurderingen dekker derfor både full innblanding i sjøvannet av alle stoffene (scenarie 1) og at de skiller lag med hexan på overflaten og MEG og brannskum løst i vannet (scenarie 2).

Ut fra en antatt strømhastighet forbi utslippsområdet på 3 cm/sek var startkonsentrasjonen i sjøvannet over det første utlekkingsdøgnet anslagsvis 730 mg/l av kondensat, 660 mg/l av MEG og 12 500 mg/l av brannskum før videre spredning og fortykning. For MEG er denne konsentrasjonen for lav til å gi miljøeffekter. Oksygenforbruket ved gradvis nedbrytning av MEG forventes heller ikke å ha gitt miljøvirkninger.

I scenarie 1 er det regnet at det har krevd en 1:73 blanding av utslipp med omgivende sjøvann før kondensat-konsentrasjonen kom under grense for toksiske effekter. Dette regnes å ha skjedd innen en avstand av ca 500 m fra utslippspunktet, dvs nordover omtrent ved kaianlegget på Kollsnes og sørover til utløpet av Njupsundet mot sør. Innenfor dette området kan marine organismer over kortere tid (under et døgn) ha blitt utsatt for toksiske nivåer av hexan og brannskum. På basis av overlapping mellom dette influensområdet og forekomst av marin naturressurser rundt Kollsnes er scenarie 1 gitt konsekvenskategori K1, dvs mindre konsekvenser.

I scenarie 2 antas at hexan og MEG skilte lag etter utslipp der kondensatet (vesentlig hexan) dannet en film på overflaten og MEG ble fullstendig løst i vannet sammen med brannskummet. For MEG og brannskum er scenarie 2 derfor likt scenarie 1. Hexanfilmen vil etter hvert ha sprukket opp i mindre flekker og det antas også at mye av hexanen fordampet. Det er følgelig anslått at det sannsynligvis ikke var synlig hexan igjen på overflaten og heller ikke fare for effekter på eller i vannmassene utenfor 300 m avstand mot nord og sør. På dette grunnlag er også dette scenariet gitt konsekvenskategori K1: mindre konsekvenser.

9. Litteratur

- /1/ Statoil 2003. Akseptkriterier for ytre miljø ved Statoil Kårstø. Arbeidsprosesskrav WR1893, versjon 1, gyldig fra 11.04.2003.
- /2/ Gray J.S. 1987. Oil pollution studies of the Solbergstrand mesocosms. Phil Trans. R. Soc. Lond. B 316, 641-654.
- /3/ Craddock, DR. 1977. Acute toxic effects of petroleum on arctic and subarctic marine organisms. Pp 1-29 in DC Malin (Ed). Effects of petroleum on arctic and subarctic marine environments and organisms, Vol 2. Academic Press, NY.
- /4/ Børresen J.A. 1993. Olje på havet. Ad Notam Gyldendal S, Norge. 308 s.
- /5/ PAN Pesticides Database – Chemicals.
http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC34777
- /6/ DNV 2002. Statoil ASA,. Vedleggsrapport til QRA og MRA MEG-system i A13B. Troll gassanlegg – Kollsnes. DNV rapport nr 2002-5017 rev. 2 Vedlegg.
- /7/ Efraimsen, H. & T. Källqvist, 2000. Nedbrytning av Monoetylglykol (MEG) og metanol i sjøvann. NIVA Rapport 4225-2000.
- /8/ Johnsen, T.M. & E. Nygaard, 1998. Vurdering av miljøeffekter etter akutt utslipp av ca. 2 tonn MEG til sjø fra Kollsnes gassanlegg. NIVA rapport LNR 3788-98
- /9/ StatoilHydro 2009. Granskningsrapport. Kollsnes kondensatlekkasje fra 10'' flens 19.5.09.
- /10/ DNV 2001. Statoil Kollsnes. Oppdatert miljørisikoanalyse for Troll gassanlegg Kollsnes. Akutte utslipp fra landanlegget, inkludert Kvitebjørn utbyggingen ("tie-in"). DNV rapport nr 2001-4061

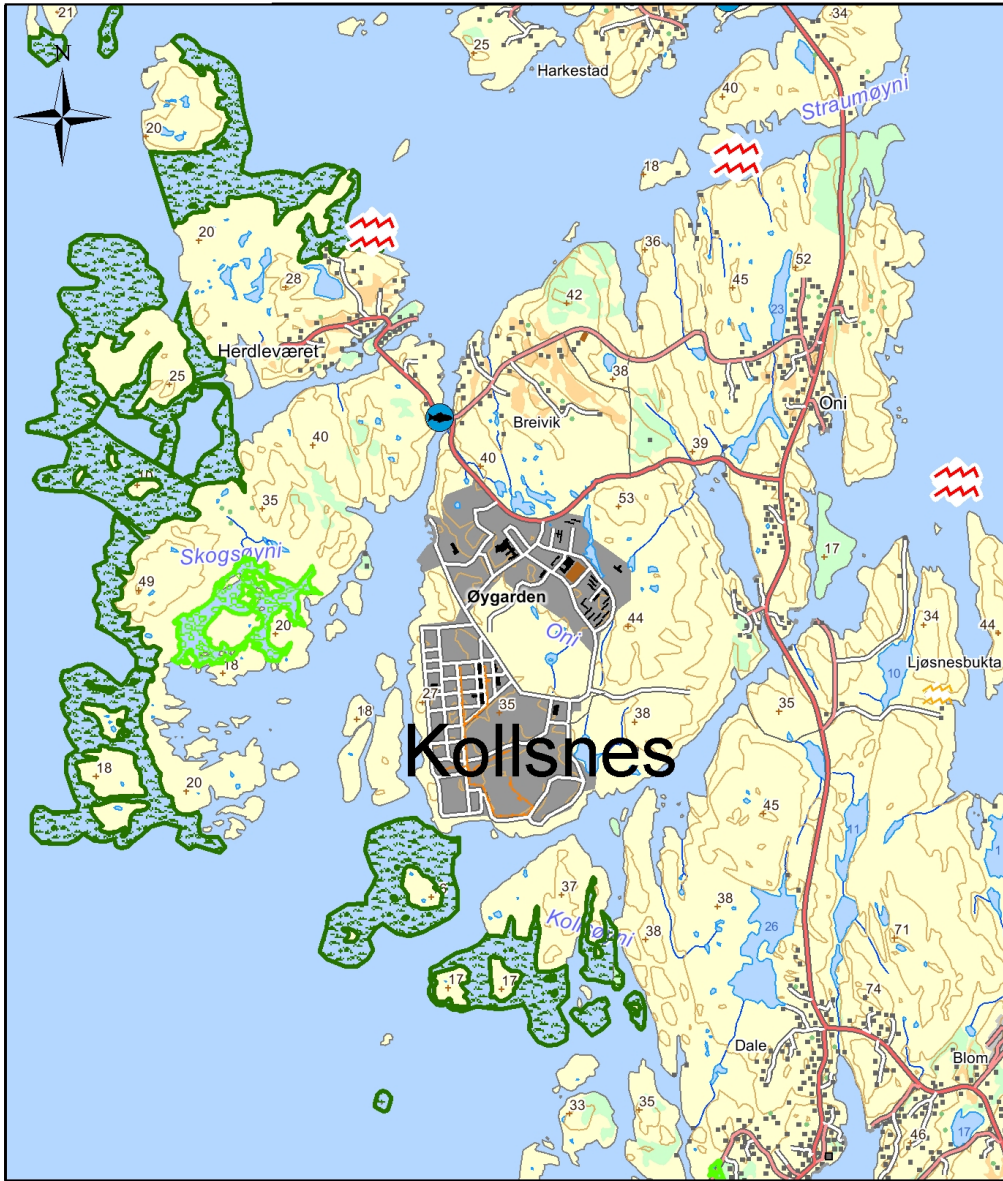
Vedlegg A. Analyseresultater grunnvannsbrønner

Analyser	Benevning	Brønn #1	Brønn #3	Brønn #4	Brønn #7	Brønn #8	Brønn #10	Brønn #13
Fargetall	mg/l Pt	(2) 86,7	(7) 0	(12) 0	(18) 14,5	(27) 13,9	(36) 30,2	(45) 4,9
Olje i vann	mg/l	(1) 8,25	(6) 0,83	(11) 1,41	(16) 0,409	(25) 1,01	(34) 0,79	(43) 0,49
pH		(2) 7,13	(7) 7,33	(12) 6,88	(18) 7,73	(27) 7,20	(36) 7,63	(45) 6,77
Turbiditet	NTU	(2) 7,18	(7) 1,78	(12) 1,36	(18) 0,932	(27) 825	(36) 32,9	(45) 14,4
Ledningsevne	microS	(2) 217	(7) 545	(12) 284	(18) 711	(27) 9068	(36) 3391	(45) 596
Sulfat	mg/l	(2) 7,9	(7) 12,2	(12) 8,9	(18) 22,2	(27) 348	(36) 38,5	(45) 35,1
Klorid	mg/l	(2) 29	(7) 60	(12) 25	(18) 135	(27) 2670	(36) 976	(45) 121
Arsen	microg/l	(3) <1	(8) <1	(13) <1	(21) <1	(30) 12	(39) <2	(48) 1,92
Aluminium	mg/l	(4) 0,46	(9) 0,065	(14) 1,24	(22) <0,004	(31) 117	(40) 1,77	(49) 0,216
Cadmium	mg/l	(4) <0,004	(9) <0,004	(14) <0,004	(22) <0,004	(31) 0,005	(40) <0,004	(49) <0,004
Cobolt	mg/l	(4) <0,004	(9) <0,004	(14) <0,004	(22) <0,004	(31) 0,025	(40) <0,004	(49) <0,004
Krom	mg/l	(4) <0,004	(9) <0,004	(14) <0,004	(22) <0,004	(31) 0,044	(40) 0,005	(49) <0,004
Kobber	mg/l	(4) 0,023	(9) <0,004	(14) 0,004	(22) <0,004	(31) 0,066	(40) 0,005	(49) <0,004
Jern	mg/l	(4) 0,38	(9) 0,211	(14) 1,83	(22) 0,058	(31) 54	(40) 2,61	(49) 2,73
Magnesium	mg/l	(4) 2,13	(9) 5,73	(14) 6,86	(22) 5,31	(31) 179	(40) 15,6	(49) 5,09
Mangan	mg/l	(4) 0,067	(9) 0,515	(14) 0,044	(22) 0,007	(31) 0,961	(40) 0,118	(49) 0,121
Nikkel	mg/l	(4) 0,006	(9) <0,006	(14) 0,009	(22) <0,006	(31) 0,03	(40) 0,006	(49) <0,006
Bly	mg/l	(4) <0,03	(9) <0,03	(14) <0,03	(22) <0,03	(31) 0,03	(40) <0,03	(49) <0,03
Tinn	mg/l	(4) <0,02	(9) <0,02	(14) <0,02	(22) <0,02	(31) <0,02	(40) <0,02	(49) <0,02
Sink	mg/l	(4) <0,004	(9) <0,004	(14) 0,006	(22) <0,004	(31) 0,16	(40) 0,006	(49) <0,004
Kvikksølv	microg/l	(4) <0,01	(9) 0,32	(14) <0,01	(22) <0,01	(31) <0,01	(40) <0,01	(49) <0,01
MEG	mg/l				(20) <2,0	(29) <2,0	(38) <2,0	(47) <2,0
Fenolindeks	mg/l				(24) 0,005	(33) 0,008	(42) 0,006	(51) 0,016
Nitrat	mg/l	(5) <2,0	(10) <2,0	(15) <2,0	(23) 3,81	(32) <2,0	(41) 8,96	(50) <2,0
Fosfor (tot)	mg/l	(5) 0,02	(10) <0,01	(15) 0,087	(23) <0,01	(32) 1,72	(41) 0,089	(50) 0,051
Metanol	mg/l				(17) 0,03	(26) 0,04	(35) 0,03	(44) 0,02



Forts.

Analyser	Benevning	Brønn #1	Brønn #3	Brønn #4	Brønn #7	Brønn #8	Brønn #10	Brønn #13
PFHpA	ng/l	Perfluoroheptanoic acid			(19) 40	(28) 710	(37) 90	(46) 20
PFOA	ng/l	Perfluorooctanoic acid			(19) 50	(28) 740	(37) 140	(46) 10
PFNA	ng/l	Perfluoronanoic acid			(19) 10	(28) 410	(37) <10	(46) <10
PFDA	ng/l	Perfluorodecanoic acid			(19) <10	(28) 380	(37) <10	(46) <10
PFUnA	ng/l	Perfluoroundecanoate			(19) <10	(28) <10	(37) <10	(46) <10
PFDoA	ng/l	Perfluorododecanoic acid			(19) <10	(28) <10	(37) <10	(46) <10
PFBS	ng/l	Perfluorobutane sulphonate			(19) <10	(28) 180	(37) <10	(46) <10
PFHxS	ng/l	Perfluorohexane sulphonate			(19) 60	(28) 590	(37) 30	(46) 30
PFOS	ng/l	Perfluorooctane sulphonate			(19) 90	(28) 2500	(37) 40	(46) 50
PFDS	ng/l	Perfluorodecane sulphonate			(19) <10	(28) <10	(37) <10	(46) <10
PFOSA	ng/l	Perfluorooctane sulphonamide			(19) <10	(28) <10	(37) <10	(46) <10
TOC	mg/l	(5) 3,86	(10) 3,80	(15) 2,69	(23) 3,62	(32) 3,66	(41) 3,82	(50) 3,24
Intertek West Lab ref.nr.: Brønn #1, prøvene 001 tom 005								
		Brønn #3, prøvene 006 tom 010						
		Brønn #4, prøvene 011 tom 015						
		Brønn #7, prøvene 016 tom 024						
		Brønn #8, prøvene 025 tom 033						
		Brønn #10, prøvene 034 tom 042						
		Brønn #13, prøvene 043 tom 051						
28.07.09, Terese								

Vedlegg B. Utvalgte ressurskart Kollsnes



Legend

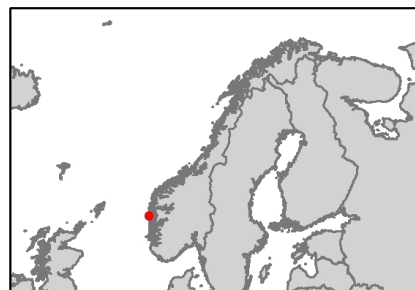
-  Fiske
-  Matfisk/ laksefisk
-  Større taesskogforekomster
-  Ålegrassamfunn





Legend

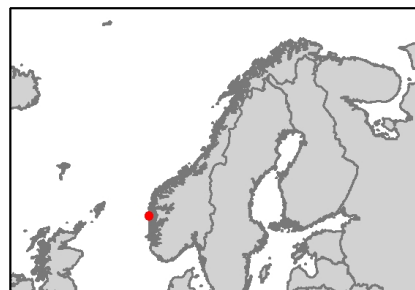
- Overvintrende fugl
- Hekkende fugl

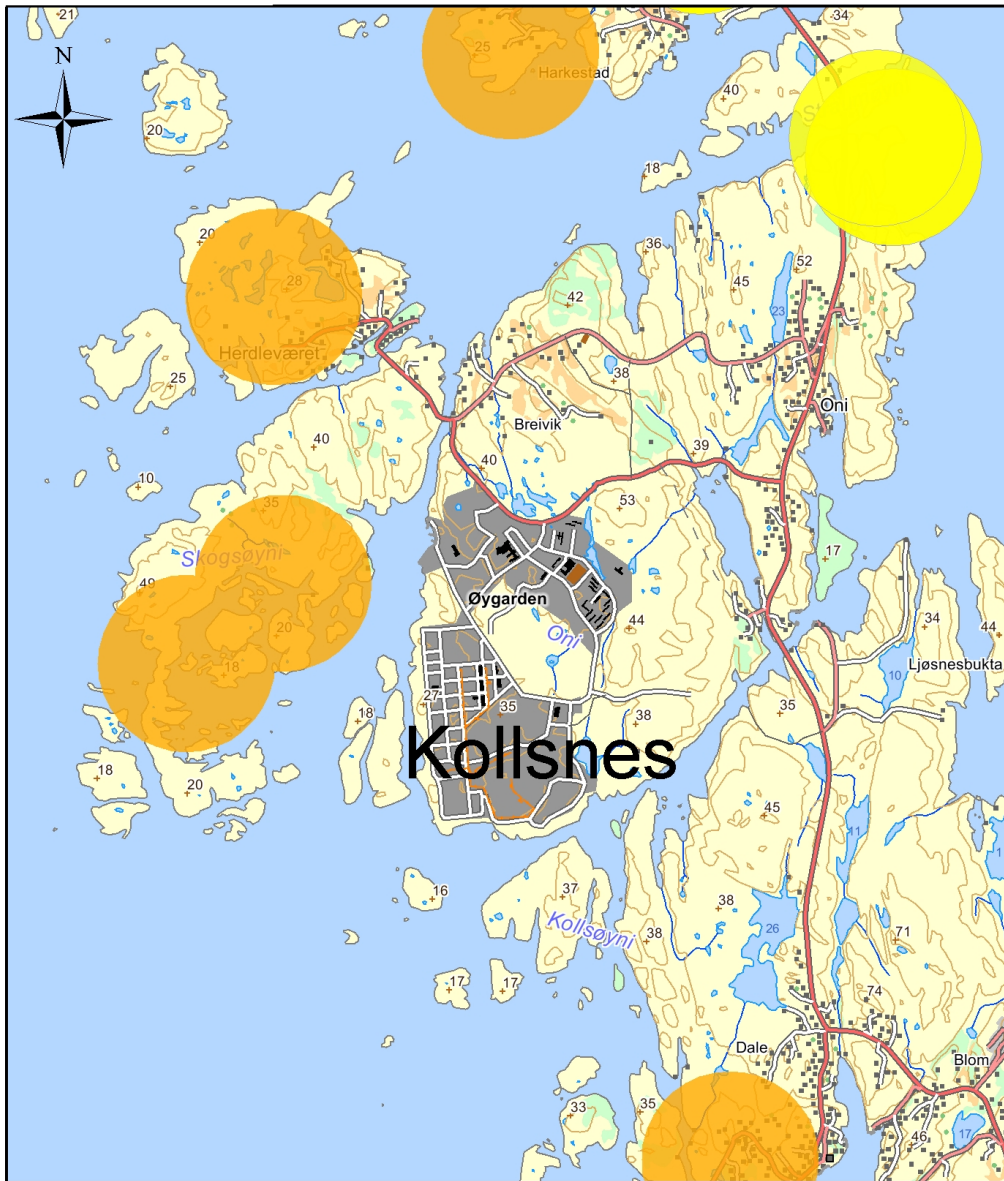




Legend

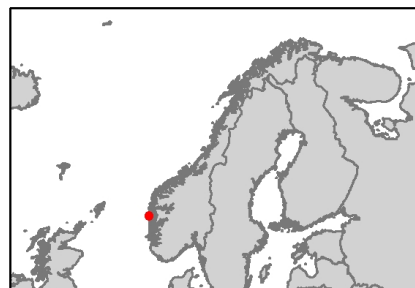
-  Sikra Friluftsområder
-  Natur
-  Natur - omriss
-  Friluft
-  Friluft - omriss
-  Sterke tidevannsstrømmer





Legend

-  MOB C
-  MOB D



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no